

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
7 juillet 2005 (07.07.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/061374 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : **B81B 7/00**,
G01P 1/02

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2004/003216

(22) Date de dépôt international :
14 décembre 2004 (14.12.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0315029 19 décembre 2003 (19.12.2003) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE?** [FR/FR];
31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **ROBERT,
Philippe** [FR/FR]; 9, rue Louis Vidal, F-38100 Grenoble
(FR).

(74) Mandataires : **HECKE, Gérard** etc.; Cabinet Hecké,
WTC Europole, 5, place Robert Schuman, BP 1537,
F-38025 Grenoble Cedex 1 (FR).

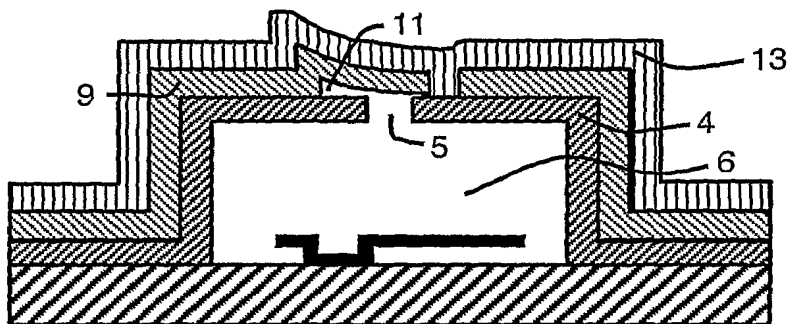
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: MICROCOMPONENT COMPRISING A HERMETIC MICROCAVITY AND METHOD FOR PRODUCTION OF
SUCH A MICROCOMPONENT

(54) Titre : MICROCOMPOSANT COMPORTANT UNE MICROCAVITE HERMETIQUE ET PROCEDE DE FABRICATION
D'UN TEL MICROCOMPOSANT



(57) Abstract: The microcavity (6) is defined by a cap, comprising a first layer (4), in which at least one orifice (5) is formed. A second layer hermetically seals the microcavity. A third layer (9) is arranged between the first (4) and the second layer. An additional microcavity (11), in communication with the orifice (5), is arranged between the first (4) and the third (9) layer. At least one additional orifice, adjacent to the additional microcavity (11), is formed in the third layer (9), offset with relation to the orifice (5) and is blocked by the second layer, after removal of the

sacrificial layers through the additional orifice. The microcomponent comprises at least one layer under mechanical tension, arranged above the first layer (4).

(57) Abrégé : La microcavité (6) est délimitée par un capot comportant une première couche (4), dans laquelle est formé au moins un orifice (5). Une deuxième couche rend la microcavité hermétique. Une troisième couche (9) est disposée entre la première (4) et la deuxième couche. Une microcavité additionnelle (11), communiquant avec l'orifice (5), est disposée entre la première (4) et la troisième (9) couche. Au moins un orifice additionnel, adjacent à la microcavité additionnelle (11), formé dans la troisième couche (9) et décalé par rapport à l'orifice (5), est bouché par la deuxième couche après enlèvement de couches sacrificielles à travers l'orifice additionnel. Le microcomposant comporte au moins une couche sous contrainte mécanique en tension disposée au-dessus de la première couche (4).

WO 2005/061374 A1



Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Microcomposant comportant une microcavité hermétique et procédé de fabrication d'un tel microcomposant

5 Domaine technique de l'invention

L'invention concerne un microcomposant comportant une microcavité hermétique délimitée par un capot comportant une première couche, dans laquelle est formé au moins un orifice, et une deuxième couche rendant la
10 microcavité hermétique, microcomposant comportant une troisième couche disposée entre la première et la deuxième couche, une microcavité additionnelle, communiquant avec l'orifice et disposée entre la première et la troisième couche, et au moins un orifice additionnel, adjacent à la microcavité additionnelle, formé dans la troisième couche, décalé par rapport à l'orifice et
15 bouché par la deuxième couche.

État de la technique

20 L'encapsulation hermétique des microsystèmes électromécaniques est nécessaire pour plusieurs raisons. La poussière et l'humidité peuvent, notamment, perturber le fonctionnement des parties mobiles et les contacts électriques peuvent être dégradés par l'oxygène de l'air ambiant.

25 Classiquement, les microsystèmes électromécaniques sont enfermés dans une microcavité hermétique délimitée par un capot. Un procédé de fabrication connu d'un capot hermétique est représenté sur les figures 1 et 2. Les microsystèmes électromécaniques 1 sont généralement disposés sur un substrat 2. Comme représenté à la figure 1, le capot est formé, sur le substrat 2 et sur une couche

sacrificielle 3 formée sur le substrat 2, par une première couche 4 dans laquelle est formé un orifice 5 ou, éventuellement, plusieurs orifices 5. Puis, la couche sacrificielle 3 est enlevée par l'intermédiaire de l'orifice 5, de manière à obtenir une microcavité 6, comme représenté à la figure 2. Ensuite, une deuxième
5 couche 7, ou couche de bouchage, est déposée sur la première couche 4, de manière à rendre la microcavité 6 hermétique.

La fabrication par l'intermédiaire d'une couche sacrificielle 3 présente, entre autres, deux problèmes, à savoir une herméticité insuffisante et une durée
10 importante de l'étape de retrait de la couche sacrificielle 3, en particulier dans le cas de capots de taille importante.

En effet, afin d'assurer un bouchage hermétique du capot, les orifices 5 sont typiquement de petite taille et localisés dans des zones de faible épaisseur de la
15 couche sacrificielle 3, et en conséquence de la microcavité 6, comme représenté à la figure 1. Typiquement, l'épaisseur de la couche sacrificielle 3 à l'emplacement de l'orifice 5, dans une zone périphérique de la microcavité 6, est de l'ordre de 0,5 microns, tandis que l'épaisseur de la couche sacrificielle 3 recouvrant les microsystèmes électromécaniques 1 est de l'ordre de 10 microns.
20 L'étape de gravure de la couche sacrificielle 3 est alors longue et difficile. Cet inconvénient est d'autant plus prononcé que, pour assurer au mieux le bouchage, l'épaisseur de la couche sacrificielle 3 à l'emplacement de l'orifice 5 est diminuée, parfois en dessous de 0,2 microns.

25 Le document DE10005555 décrit un microcomposant comportant une cavité hermétique délimitée par un capot. Le capot comporte des couches inférieure et supérieure ayant respectivement des orifices décalés les uns par rapport aux autres et disposés à la partie supérieure du capot. Au cours du procédé de fabrication du microcomposant, les couches inférieure et supérieure sont

déposées sur des première et seconde couches sacrificielles. L'enlèvement des couches sacrificielles est effectué à travers les orifices de la couche supérieure. La première couche sacrificielle est, de plus, enlevée à travers les orifices de la couche inférieure. La couche supérieure forme des ponts s'étendant au-dessus des orifices de la couche inférieure et disposés entre deux orifices de la couche supérieure. Les orifices des couches supérieure et inférieure communiquent respectivement entre eux par l'intermédiaire de cavités additionnelles disposées entre la couche inférieure et la couche supérieure. Lors du procédé de fabrication, les cavités additionnelles sont réalisées au moyen de la seconde couche sacrificielle. En fin de procédé, les orifices de la couche supérieure sont bouchés par une couche de fermeture déposée sur la couche supérieure et formant des bouchons dans les orifices. La couche inférieure peut être réalisée sous une contrainte mécanique de tension intrinsèque.

L'article "Vacuum sealing of microcavities using metal evaporation" de M. Bartek et al. (Sensors and Actuators A 61 (1997) 364-368) décrit un procédé de fabrication d'un microcomposant. Une couche sacrificielle est déposée dans une cavité d'un substrat et recouverte partiellement par une couche en nitrure de silicium, de manière à laisser un orifice débouchant sur la couche sacrificielle. La couche en nitrure de silicium est sous faible contrainte mécanique. Puis, une seconde couche sacrificielle est déposée dans l'orifice et à la périphérie de l'orifice. La seconde couche sacrificielle est ensuite recouverte partiellement par une couche en polysilicium. Les couches sacrificielles sont enlevées et les cavités obtenues sont fermées par dépôt d'une couche de scellement en aluminium ou polysilicium. On obtient un microcomposant comportant une microcavité hermétique couverte par un capot. Le capot est constitué successivement par la couche en nitrure de silicium, la couche en polysilicium et la couche de scellement. Entre la couche en nitrure de silicium et la couche en

polysilicium est disposée une petite microcavité supplémentaire, à travers laquelle la couche sacrificielle est enlevée lors du procédé.

5 Le document EP0451992 décrit un microcomposant comportant une cavité disposée entre un substrat et un capot suspendu entre deux éléments. A l'intérieur de la cavité est disposée une poutre suspendue. La cavité communique avec l'extérieur par l'intermédiaire de canaux qui sont bouchés par une couche d'oxyde. Le procédé de fabrication comporte une étape de recuit afin d'obtenir le niveau souhaité de tension et de déformation de la poutre.

10

Objet de l'invention

15 L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients et, en particulier, d'assurer l'herméticité d'une microcavité tout en réduisant la durée du procédé de fabrication de la microcavité.

20 Selon l'invention, ce but est atteint par les revendications annexées et, en particulier, par le fait que le microcomposant comporte au moins une couche sous contrainte mécanique en tension disposée au-dessus de la première couche.

L'invention a également pour but un procédé de fabrication d'une microcavité hermétique d'un microcomposant selon l'invention, comportant successivement

25

- le dépôt, sur un substrat, d'une couche sacrificielle,
- le dépôt, sur le substrat et la couche sacrificielle, d'une première couche constituant un capot,
- la gravure, dans la première couche, d'au moins un orifice) débouchant sur la couche sacrificielle,

- l'enlèvement, à travers l'orifice, de la couche sacrificielle, de manière à créer une microcavité,
- le dépôt d'une deuxième couche, de manière à rendre la microcavité hermétique,

5 procédé caractérisé en ce qu'il comporte, après gravure de l'orifice et avant enlèvement de la couche sacrificielle,

- le dépôt d'une couche sacrificielle additionnelle, recouvrant l'orifice et une partie de la première couche, sur la périphérie de l'orifice,
- le dépôt, sur la première couche et sur la couche sacrificielle additionnelle, d'une troisième couche,
- la gravure, dans la troisième couche, d'au moins un orifice additionnel, décalé par rapport à l'orifice et débouchant sur la couche sacrificielle additionnelle,

10 l'enlèvement de la couche sacrificielle et de la couche sacrificielle additionnelle étant effectué à travers l'orifice additionnel, de manière à créer la microcavité, et le dépôt de la deuxième couche étant effectuée sur la troisième couche, de manière à boucher l'orifice additionnel, le procédé comportant, après dépôt de la première couche, le dépôt d'au moins une

15 couche sous contrainte mécanique en tension.

20

Description sommaire des dessins

25 D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

Les figures 1 et 2 représentent deux étapes d'un procédé de fabrication d'un microcomposant selon l'art antérieur.

Les figures 3, 5, et 7 représentent, en vue de dessus, trois étapes successives d'un mode de réalisation particulier d'un procédé de fabrication d'un microcomposant selon l'invention.

Les figures 4, 6, et 8 représentent, en coupe, respectivement selon les axes A-A, B-B et C-C, les trois étapes représentées figures 3, 5, et 7.

Les figures 9 et 10 illustrent deux étapes ultérieures du procédé selon les figures 3 à 8.

Les figures 11 et 12 représentent deux étapes, précédant le dépôt de la couche de bouchage, d'un autre mode de réalisation particulier d'un procédé de fabrication d'un microcomposant selon l'invention.

La figure 13 représente une étape, précédant le dépôt de la couche de bouchage, d'un autre mode de réalisation particulier d'un procédé de fabrication d'un microcomposant selon l'invention.

Description de modes particuliers de réalisation

Comme représenté sur les figures 3 et 4, les orifices 5 (deux orifices sur les figures) gravés dans la première couche 4 et débouchant sur la couche sacrificielle 3 sont, de préférence, disposés sur une partie sommitale de la microcavité, c'est-à-dire à des emplacements où la couche sacrificielle 3 a une épaisseur maximale, par exemple de l'ordre de 8 à 10 microns. Ainsi, la durée de l'étape ultérieure de l'enlèvement de la couche sacrificielle 3, à travers les orifices 5, est diminuée sensiblement par rapport à l'art antérieur.

Sur les figures 5 et 6, une couche sacrificielle additionnelle 8, destinée à délimiter une microcavité additionnelle 11, est associée à chacun des orifices 5.

Les couches sacrificielles additionnelles 8 sont déposées, après gravure des orifices 5 et avant enlèvement de la couche sacrificielle 3, de manière à recouvrir les orifices 5 et une partie de la première couche 4, sur la périphérie des orifices 5. L'épaisseur des couches sacrificielles additionnelles 8 est, par exemple, de 0,3 microns. Ensuite, comme représenté aux figures 7 et 8, une troisième couche 9 est déposée sur la première couche 4 et sur les couches sacrificielles additionnelles 8. Puis, est gravé dans la troisième couche 9, au moins un orifice additionnel 10 (deux sur les figures 7 et 8), décalé par rapport à chaque orifice 5 et débouchant sur la couche sacrificielle additionnelle 8 correspondante. Puis, comme représenté à la figure 9, l'enlèvement de la couche sacrificielle 3 et des couches sacrificielles additionnelles 8 est effectué à travers les orifices additionnels 10, de manière à créer la microcavité 6 et la microcavité additionnelle 11, qui communique avec l'orifice 5 correspondant et avec les orifices additionnels 10 correspondants et qui est disposée entre la première couche 4 et la troisième couche 9.

Ensuite, comme représenté à la figure 10, la deuxième couche 7, ou couche de bouchage, est déposée sur la troisième couche 9, de manière à boucher les orifices additionnels 10 et à rendre la microcavité 6 hermétique. Ainsi, la troisième couche 9 est disposée entre la première couche 4 et la deuxième couche 7 avec une microcavité additionnelle 11 entre les première (4) et troisième (9) couches. Les orifices additionnels 10 étant décalés par rapport à l'orifice 5 et débouchant dans la microcavité additionnelle 11, de faible épaisseur, le bouchage des orifices additionnels 10 par la deuxième couche 7 est simplifié, ce qui permet d'assurer l'herméticité de la microcavité 6.

Sur les figures 7 à 10, deux orifices additionnels 10 sont associés à chaque orifice 5, de manière à ce qu'un pont suspendu 12, formé dans la troisième couche 9 et délimité par les deux orifices additionnels 10, recouvre l'orifice 5. Le

décalage entre l'orifice 5 et chaque orifice additionnel 10 est tel qu'aucun orifice additionnel 10 ne recouvre l'orifice 5, même partiellement. Ainsi, la partie de la deuxième couche 7 bouchant les orifices 10 est supportée par la première couche 4 et, ainsi, empêchée de se déposer à l'intérieur de la microcavité 6.

5

10

15

20

25

Le matériau des couches sacrificielles 3 et 8 peut être un polymère, par exemple du polyimide ou une résine photosensible, permettant une gravure rapide, par exemple une gravure sèche. Les couches sacrificielles 3 et 8 peuvent également être réalisées par pulvérisation cathodique, de manière à obtenir, par exemple, un verre à phosphosilicate («PSG : phosphosilicate glass») ou une couche métallique, par exemple une couche de tungstène ou une couche de nickel. Les première 4, deuxième 7 et troisième 9 couches peuvent être en dioxyde de silicium (SiO_2), en nitrure de silicium (Si_3N_4) ou en métal. La première couche 4 peut, par exemple, être réalisée par un dépôt de dioxyde de silicium ayant, par exemple, une épaisseur de 1,5 microns. La troisième couche 9 est, de préférence, réalisée par un dépôt de nitrure de silicium d'une épaisseur de 1,5 microns, par exemple. La deuxième couche 7 est, par exemple, en nitrure de silicium et a une épaisseur de 2 microns.

Comme représenté à la figure 11, la troisième couche 9 peut être constituée par un multicouche comprenant au moins deux sous-couches superposées, déposées initialement sur les couches sacrificielles additionnelles 8 et sur la première couche 4. Dans ce cas, une première sous-couche 9a, réalisée sous une contrainte mécanique en tension, est recouverte par une deuxième sous-couche 9b réalisée sous une contrainte mécanique en compression. Les contraintes des première 9a et deuxième 9b sous-couches étant inverses, l'ensemble des première 9a et deuxième 9b sous-couches garde sa forme, après enlèvement des couches sacrificielles 3 et 8. Cependant, comme représenté à la figure 12, une fois la deuxième sous-couche 9b enlevée, la

partie de la troisième couche 9 libérée par l'enlèvement de la couche sacrificielle additionnelle 8 correspondante, c'est-à-dire recouvrant la microcavité additionnelle 11 correspondante, fléchit automatiquement en direction de la première couche 4. Ainsi, le passage existant entre l'orifice 5 et l'orifice additionnel 10 pour permettre l'élimination des couches sacrificielles 3 et 8 est rétréci ou même totalement fermé, et, ainsi, l'espace à boucher est réduit, ce qui simplifie l'étape de bouchage. Dans ce cas, dans le microcomposant obtenu, l'orifice additionnel 10, adjacent à la microcavité additionnelle 11, ne communique plus avec cette microcavité additionnelle 11 correspondante.

10

La troisième couche 9 peut également être réalisée, avant enlèvement des couches sacrificielles 3 et 8, par une seule couche ayant une contrainte mécanique en tension. Au cours de l'enlèvement de la couche sacrificielle additionnelle 8 correspondante, la partie de la troisième couche 9 ainsi libérée fléchit automatiquement en direction de la première couche 4, ce qui prolonge éventuellement l'étape de gravure de la couche sacrificielle 3, mais ce qui présente, comme précédemment, l'avantage d'un bouchage simplifié d'un espace à boucher réduit, sans passer par le biais d'un dépôt de deux sous-couches 9a et 9b.

20

Dans un autre mode de réalisation, représenté à la figure 13, la troisième couche 9 est réalisée avec un dépôt non contraint, ou légèrement contraint en compression, ce qui, dans ce dernier cas, permet un retrait accéléré des couches sacrificielles 3 et 8 en agrandissant le passage entre les orifices additionnels 10 et l'orifice 5. Ensuite, après enlèvement des couches sacrificielles 3 et 8, une quatrième couche 13 est réalisée, sur la troisième couche 9, avec une contrainte mécanique en tension. La quatrième couche 13 rentre dans l'orifice 10 et bouche l'orifice 10. Les troisième 9 et quatrième 13 couches fléchissent alors en direction de la première couche 4 au fur et à

25

mesure du dépôt de la couche 13, ce qui permet de simplifier le bouchage des orifices additionnels 10.

L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation particuliers représentés.

- 5 En particulier, le nombre d'orifices 5 peut être quelconque, ainsi que le nombre d'orifices additionnels 10 associés à chaque orifice 5 et débouchant sur la couche sacrificielle additionnelle 8 correspondante. Il est éventuellement possible d'associer une même couche sacrificielle additionnelle 8 à plusieurs orifices 5.

Revendications

1. Microcomposant comportant une microcavité (6) hermétique délimitée par un capot comportant une première couche (4), dans laquelle est formé au moins un orifice (5), et une deuxième couche (7) rendant la microcavité (6) hermétique, microcomposant comportant une troisième couche (9) disposée entre la première (4) et la deuxième (7) couche, une microcavité additionnelle (11), communiquant avec l'orifice (5) et disposée entre la première (4) et la troisième (9) couche, et au moins un orifice additionnel (10), adjacent à la microcavité additionnelle (11), formé dans la troisième couche (9), décalé par rapport à l'orifice (5) et bouché par la deuxième couche (7), microcomposant caractérisé en ce qu'il comporte au moins une couche sous contrainte mécanique en tension disposée au-dessus de la première couche (4).

2. Microcomposant selon la revendication 1, caractérisé en ce que la microcavité additionnelle (11) communique avec l'orifice additionnel (10).

3. Microcomposant selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'orifice (5) est disposé sur une partie sommitale de la microcavité (6).

4. Microcomposant selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le décalage entre l'orifice (5) et l'orifice additionnel (10) est tel que l'orifice additionnel (10) ne recouvre pas l'orifice (5), même partiellement.

5. Microcomposant selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que deux orifices additionnels (10) sont associés à chaque orifice (5), de manière à ce qu'un pont suspendu (12), formé dans la troisième

couche (9) et délimité par les deux orifices additionnels (10), recouvre l'orifice (5).

5 6. Procédé de fabrication d'une microcavité (6) hermétique d'un microcomposant selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comportant successivement

- le dépôt, sur un substrat (2), d'une couche sacrificielle (3),
- le dépôt, sur le substrat (2) et la couche sacrificielle (3), d'une première couche (4) constituant un capot,
- 10 - la gravure, dans la première couche (4), d'au moins un orifice (5) débouchant sur la couche sacrificielle (3),
- l'enlèvement, à travers l'orifice (5), de la couche sacrificielle (3), de manière à créer une microcavité (6),
- le dépôt d'une deuxième couche (7), de manière à rendre la
- 15 microcavité (6) hermétique,

procédé caractérisé en ce qu'il comporte, après gravure de l'orifice (5) et avant enlèvement de la couche sacrificielle (3),

- le dépôt d'une couche sacrificielle additionnelle (8), recouvrant l'orifice (5) et une partie de la première couche (4), sur la périphérie
- 20 de l'orifice (5),
- le dépôt, sur la première couche (4) et sur la couche sacrificielle additionnelle (8), d'une troisième couche (9),
- la gravure, dans la troisième couche (9), d'au moins un orifice additionnel (10), décalé par rapport à l'orifice (5) et débouchant sur la
- 25 couche sacrificielle additionnelle (8),

l'enlèvement de la couche sacrificielle (3) et de la couche sacrificielle additionnelle (8) étant effectué à travers l'orifice additionnel (10), de manière à créer la microcavité (6), et le dépôt de la deuxième couche (7) étant effectuée sur la troisième couche (9), de manière à boucher l'orifice

additionnel (10), le procédé comportant, après dépôt de la première couche (4), le dépôt d'au moins une couche sous contrainte mécanique en tension.

5 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la troisième couche (9) est réalisée sous une contrainte mécanique en tension, de manière à ce que la partie de la troisième couche (9) libérée par l'enlèvement de la couche sacrificielle additionnelle (8) fléchisse en direction de la première couche (4).

10 8. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la troisième couche (9) est constituée par une première sous-couche (9a) réalisée sous une contrainte mécanique en tension et recouverte par une deuxième sous-couche (9b) réalisée sous une contrainte mécanique en compression, la deuxième sous-couche (9b) étant enlevée après enlèvement des couches sacrificielles (3, 8).

15 9. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que, après enlèvement des couches sacrificielles (3, 8), une quatrième couche (13) est réalisée, sur la troisième couche (9), sous une contrainte mécanique en tension, de manière à ce que les troisième (9) et quatrième (13) couches fléchissent en direction de la
20 première couche (4).

1/4

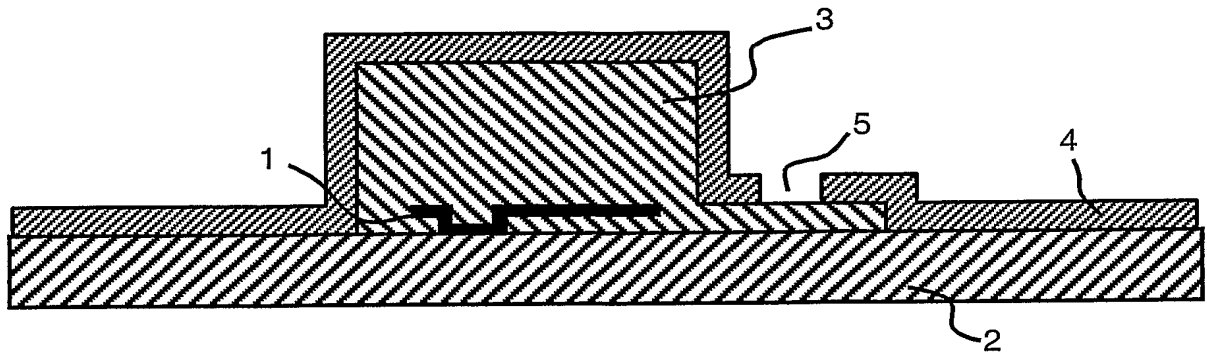


Figure 1 (Art antérieur)

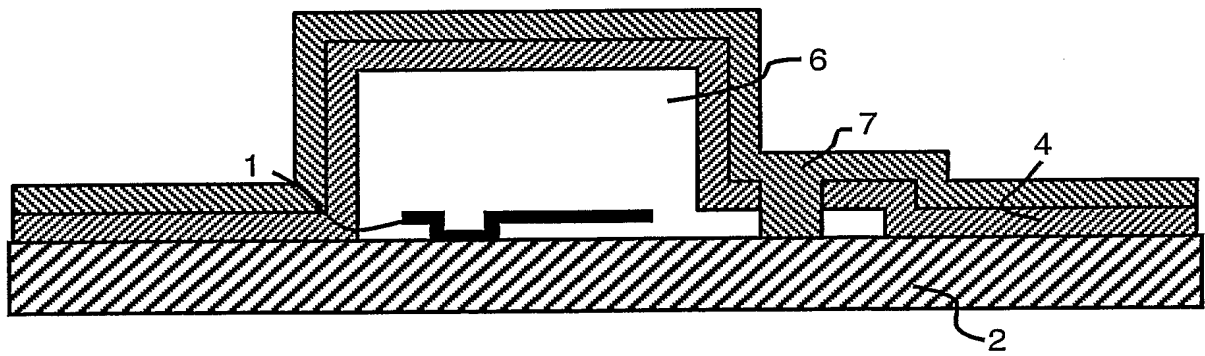


Figure 2 (Art antérieur)

2/4

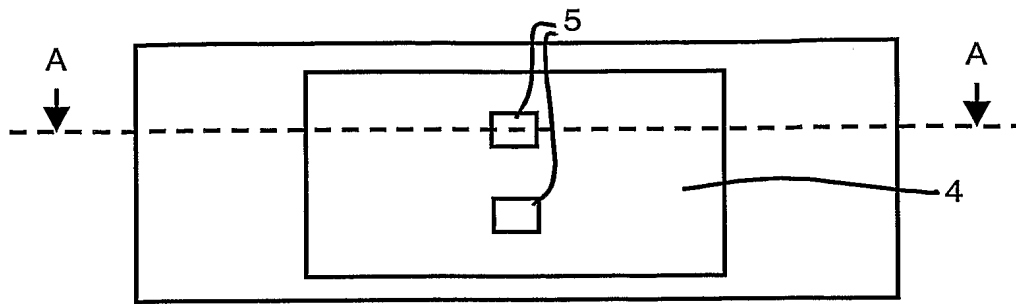


Figure 3

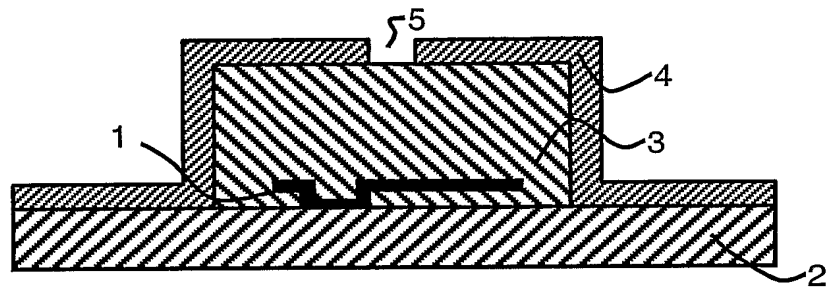


Figure 4

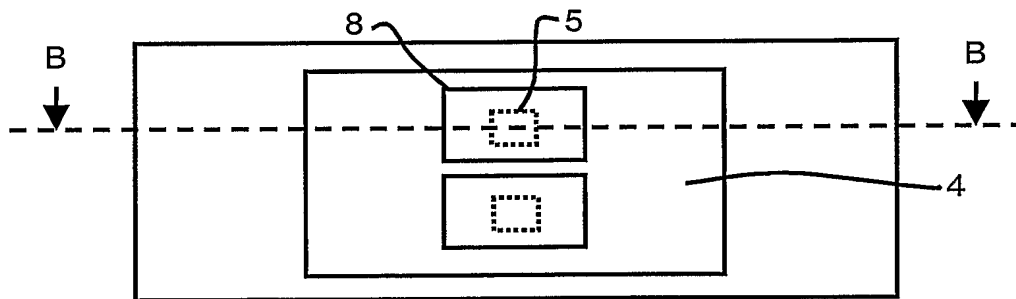


Figure 5

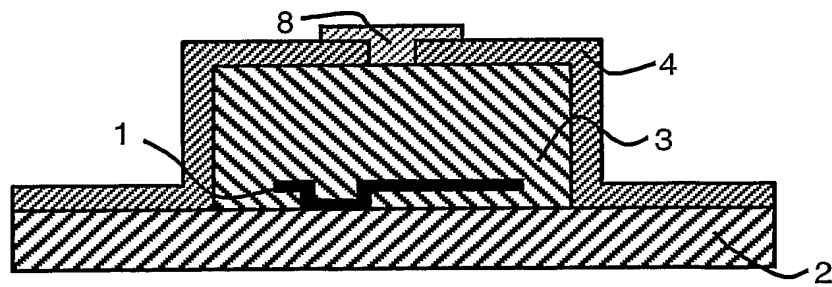


Figure 6

3/4

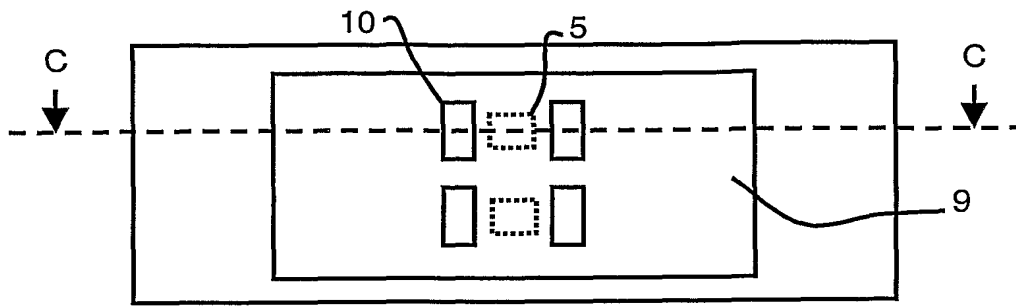


Figure 7

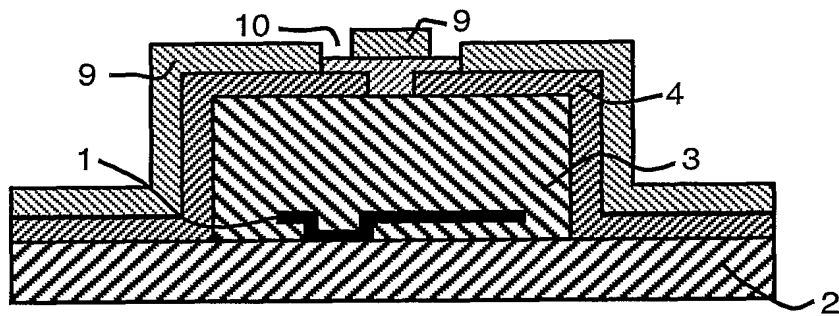


Figure 8

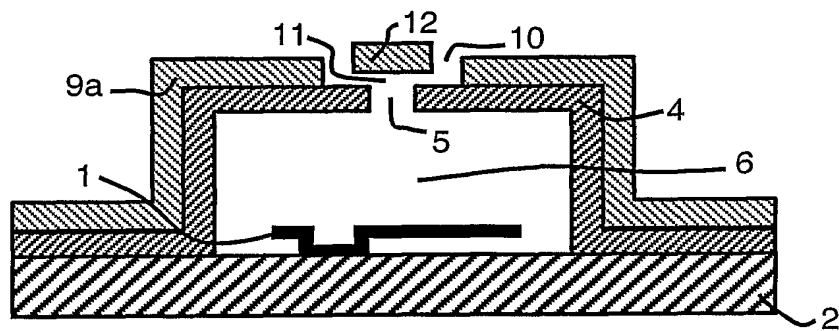


Figure 9

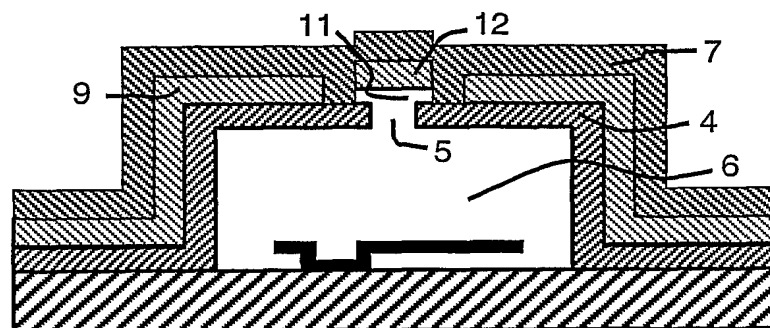


Figure 10

4/4

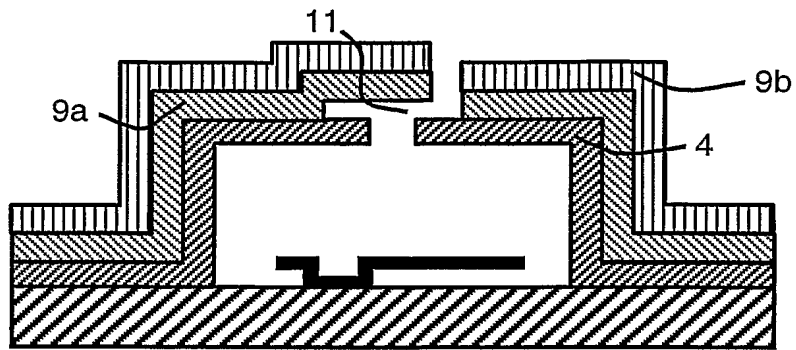


Figure 11

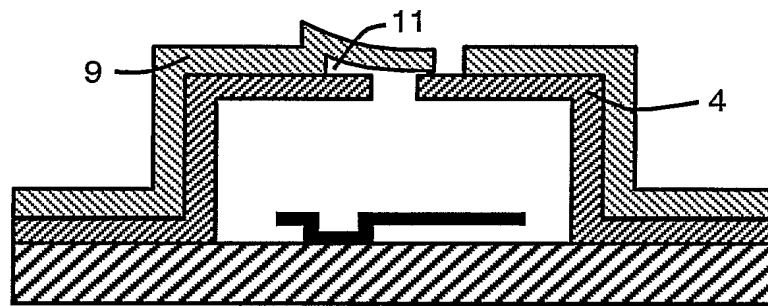


Figure 12

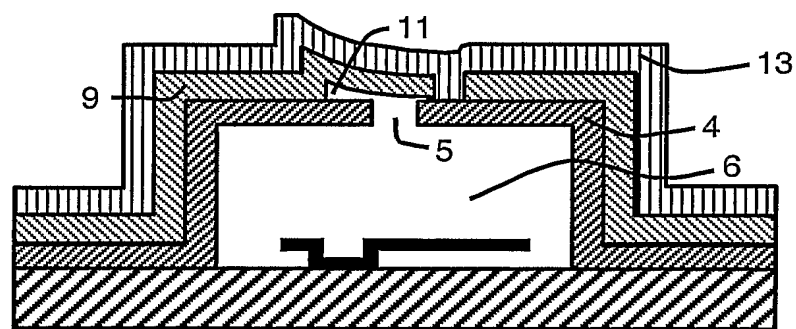


Figure 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Intl Application No
 PCT/FR2004/003216

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 B81B7/00 G01P1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 B81B H01L G01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | BARTEK M ET AL: "Vacuum sealing of microcavities using metal evaporation" SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH, vol. 60, no. 1-3, 1 May 1997 (1997-05-01), pages 364-368, XP004089097 ISSN: 0924-4247 * alinéa "3. Fabrication" * figure 3 | 1-6 |
| X | DE 100 05 555 A (BOSCH GMBH ROBERT) 16 August 2001 (2001-08-16) column 2, line 49 - column 7, line 38 figures 2C-2E ----- -/-- | 1-6 |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 May 2005

Date of mailing of the international search report

12/05/2005

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meister, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/003216

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X | EP 0 451 992 A (WISCONSIN ALUMNI RES FOUND) 16 October 1991 (1991-10-16) column 9, line 28 - column 11, line 12 figures 11-14 ----- | 1,2,4,6 |
| A | FURTSCH M ET AL: "Texture and stress profile in thick polysilicon films suitable for fabrication of microstructures" THIN SOLID FILMS, ELSEVIER-SEQUOIA S.A. LAUSANNE, CH, vol. 296, no. 1-2, 1 March 1997 (1997-03-01), pages 177-180, XP004111577 ISSN: 0040-6090 * alinéa "2. Experimental details" * * alinéa "3. Results and discussion" * table 1 figure 4 ----- | 1,6 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/003216

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|---|---|---------------------|----------------------------|-------------|---------------------|
| DE 10005555 | A | 16-08-2001 | DE | 10005555 A1 | 16-08-2001 |
| | | | WO | 0158804 A2 | 16-08-2001 |
| EP 0451992 | A | 16-10-1991 | US | 5090254 A | 25-02-1992 |
| | | | AT | 125040 T | 15-07-1995 |
| | | | DE | 69111118 D1 | 17-08-1995 |
| | | | DE | 69111118 T2 | 23-11-1995 |
| | | | EP | 0451992 A2 | 16-10-1991 |
| | | | JP | 2017572 C | 19-02-1996 |
| | | | JP | 5332852 A | 17-12-1993 |
| | | | JP | 7006852 B | 30-01-1995 |
| | | | US | 5188983 A | 23-02-1993 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR2004/003216

| | | |
|--|---|--|
| A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 7 B81B7/00 G01P1/02 | | |
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB | | |
| B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 B81B H01L G01P | | |
| Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche | | |
| Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | |
| Catégorie ° | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
| X | BARTEK M ET AL: "Vacuum sealing of microcavities using metal evaporation" SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH, vol. 60, no. 1-3, 1 mai 1997 (1997-05-01), pages 364-368, XP004089097 ISSN: 0924-4247 * alinéa "3. Fabrication" * figure 3 | 1-6 |
| X | DE 100 05 555 A (BOSCH GMBH ROBERT) 16 août 2001 (2001-08-16) colonne 2, ligne 49 - colonne 7, ligne 38 figures 2C-2E <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">----- -/--</div> | 1-6 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </div> | | |
| <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>° Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div> | | |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <div style="text-align: center; font-weight: bold;">3 mai 2005</div> | | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <div style="text-align: center; font-weight: bold;">12/05/2005</div> |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016 | | Fonctionnaire autorisé <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Meister, M</div> |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De XXXX de Internationale No

PCT/FR2004/003216

| C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS | | |
|---|--|-------------------------------|
| Catégorie | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
| X | EP 0 451 992 A (WISCONSIN ALUMNI RES FOUND) 16 octobre 1991 (1991-10-16) colonne 9, ligne 28 - colonne 11, ligne 12 figures 11-14 ----- | 1,2,4,6 |
| A | FURTSCH M ET AL: "Texture and stress profile in thick polysilicon films suitable for fabrication of microstructures" THIN SOLID FILMS, ELSEVIER-SEQUOIA S.A. LAUSANNE, CH, vol. 296, no. 1-2, 1 mars 1997 (1997-03-01), pages 177-180, XP004111577 ISSN: 0040-6090 * alinéa "2. Experimental details" * * alinéa "3. Results and discussion" * tableau 1 figure 4 ----- | 1,6 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/003216

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|---|------------------------|---|------------------------|
| DE 10005555 | A | 16-08-2001 | DE 10005555 A1 | 16-08-2001 |
| | | | WO 0158804 A2 | 16-08-2001 |
| EP 0451992 | A | 16-10-1991 | US 5090254 A | 25-02-1992 |
| | | | AT 125040 T | 15-07-1995 |
| | | | DE 69111118 D1 | 17-08-1995 |
| | | | DE 69111118 T2 | 23-11-1995 |
| | | | EP 0451992 A2 | 16-10-1991 |
| | | | JP 2017572 C | 19-02-1996 |
| | | | JP 5332852 A | 17-12-1993 |
| | | | JP 7006852 B | 30-01-1995 |
| | | | US 5188983 A | 23-02-1993 |